

油气储运智能传感器在设备健康监测中的效果评估

李卫东（山东裕龙石化有限公司，山东 烟台 265700）

摘要：本文针对油气储运设备中智能传感器的设计与应用进行了研究，重点探讨了智能传感器在设备健康监测中的效果评估方法。通过对传感器的选型、布置、数据采集与处理技术、通信与互联技术的设计与实现，以及健康监测指标、算法的选择与应用，提出了一套完整的设备健康监测方案，并结合应用案例进行了效果评估与结果分析，为油气储运设备的健康监测提供了参考依据。

关键词：油气储运设备；智能传感器；健康监测；效果评估；数据处理技术

0 引言

随着油气储运设备的规模不断扩大和复杂性的增加，设备运行状态的监测和管理变得愈发重要。智能传感器作为实现设备智能化监测的关键技术之一，智能传感器的设计与应用在设备健康监测中的作用日益凸显。本文旨在对油气储运设备中智能传感器的设计与应用进行深入研究，探讨智能传感器在设备健康监测中的效果评估方法，以提高设备的安全性、稳定性和运行效率。

1 油气储运设备智能传感器设计与原理

1.1 智能传感器概述

智能传感器是一种集成了传感器、信号处理器和通信模块等功能于一体的智能化装置，主要功能是对环境参数进行感知、数据处理和信息传输。相比传统传感器，智能传感器具有更高的智能化程度和数据处理能力，能够实现多种参数的同时监测、数据的实时处理与分析，并能通过网络实现数据的远程传输与管理。

在油气储运设备中，智能传感器的应用为设备健康监测提供了重要支撑，能够实时监测设备运行状态、环境条件和安全风险，为设备管理人员提供及时、准确的监测数据和预警信息，从而有效提高设备的运行效率和安全性。智能传感器通过对物理量的检测和采集，将采集到的数据经过信号处理器进行处理和分析，最终通过通信模块将结果传输至监测系统或云端平台，实现对设备状态的实时监测和管理^[1]。

1.2 油气储运设备健康监测需求分析

油气储运设备的健康监测需求主要包括以下几个方面：

①安全性需求，因为油气储运设备的安全事故可能会对环境 and 人员造成巨大损失。因此，需要实时监测设备的运行状态和工作环境，及时发现异常情况并

采取措施进行处理，以确保设备的安全运行；

②设备稳定性和可靠性需求，需要对设备的运行参数进行持续监测和分析，预防潜在故障的发生，保障设备的稳定运行；

③节能环保需求，要求监测设备的能耗和排放情况，优化设备运行策略，降低能源消耗和环境污染；

④油气储运设备的智能化需求，对于数据的实时性和准确性也提出了更高的要求，需要传感器能够快速、精确地采集和处理数据，并能够通过高效的通信方式实现数据的远程传输和管理，以满足设备监测与管理的实时性和全面性需求^[2]。

2 智能传感器设计与实现

2.1 传感器选型与布置

在智能传感器设计与实现的过程中，针对油气储运设备的监测需求，需要选择适用于不同环境和工况的传感器类型。例如，针对液体储罐的液位监测，可以选择基于超声波技术的液位传感器，如型号为腾华 TH-L300N，工作频率为 40kHz，测量范围可达到 0–15m，精度在 $\pm 0.25\%$ 左右，测距分辨率在 1mm。对于油气管道的流量监测，可以选用电磁流量传感器，如型号为索普美 LDG-MK，测量范围可达到 0.08–1600m³/h，精度在 $\pm 0.5\%R$ 以内^[3]。

传感器的布置需要考虑到监测位置的合理性和覆盖范围的完整性。例如，在液体储罐的液位监测中，应将传感器布置在储罐的顶部，以确保能够准确测量液体的高度。对于管道流量监测，则需要在管道的上游和下游分别设置流量传感器，以实现对流量的准确监测。为了提高监测的可靠性和稳定性，还可以考虑采用多传感器联合监测的方式，通过多点、多参数的数据采集，实现对设备运行状态的全面监测和分析^[4]。

2.2 数据采集与处理技术

在智能传感器设计与实现中，数据采集阶段涉及

传感器对环境参数的实时监测和数据采集,具体如图1所示。传感器通过内置的传感元件,如压力传感器、温度传感器、湿度传感器等,实时感知环境的物理量,并将采集到的数据转换成电信号输出。采集到的数据通过传感器的接口,如模拟信号接口或数字信号接口,传输到数据采集单元。

在数据采集单元中,可以通过模拟转数字转换器(ADC)将模拟信号转换为数字信号,或直接对数字信号进行处理和存储。数据处理阶段主要包括对采集到的原始数据进行预处理、特征提取、数据分析和存储。预处理阶段主要包括数据滤波、数据校正、异常值检测等,以确保采集到的数据质量可靠。在特征提取阶段,针对不同的监测对象和监测参数,可以提取出一些有代表性的特征值,如峰值、均值、方差等,用于描述数据的特性和变化趋势。

数据分析阶段可以采用各种数据挖掘和机器学习算法,对采集到的数据进行分析 and 建模,以实现设备状态的诊断和预测。处理后的数据可以存储在本地数据库或上传至云平台,以便进一步分析和应用。在实际应用中,为了提高数据处理的效率和精度,可以采用分布式数据采集与处理系统。该系统将数据采集与处理分布在不同的节点上,通过网络通信实现数据的传输和共享,从而实现对大规模数据的实时监测和处理^[5]。还可以采用高性能的处理器和算法加速器,如图形处理器(GPU)、张量处理器(TPU)等,提高数据处理的并行性和计算速度。

2.3 通信与互联技术应用

在智能传感器的通信与互联技术应用中,传感器通过各种通信手段实现数据的高效传输和共享。有线通信技术如以太网、Modbus、Profibus等,因其稳定性和高传输速率,适合于固定位置的传感器连接。无线通信技术如蓝牙、Wi-Fi、LoRa、NB-IoT等,因其安装便捷和灵活性,特别适合于移动或难以布线的远

程监测场景。通过这些技术,传感器能够构建起一张智能化的网络,实现设备间的互联互通^[6]。

例如,在一项油气管道项目中,通过部署一系列搭载LoRa无线通信技术的智能传感器,实现了对管道沿线的温度、压力和流量等关键参数的实时监测。这些传感器将数据通过LoRa网络传输至中央监控系统,再由系统上传至云平台,使得分布在广阔地域的管道系统能够得到有效监控。运维人员可以通过互联网随时访问这些数据,进行远程诊断和决策支持,极大地提高了管道运营的安全性和效率。智能传感器的通信与互联技术在油气储运设备的故障诊断和预测性维护中也发挥着重要作用。

在一个海上油气钻井平台上,通过安装具备无线通信功能的振动和温度传感器,平台管理人员能够实时监测关键设备的运行状态。传感器收集的数据被传输至边缘计算设备进行初步分析,并通过云平台进行深入分析,从而预测设备故障,实现及时的维护和修理,避免了潜在的生产中断和安全事故^[7]。

3 设备健康监测方法与效果评估

3.1 健康监测指标与算法选择

针对油气储运设备,常用的健康监测指标包括温度、压力、振动、流量等。温度是评估设备运行状态的重要指标之一,异常的温度变化可能暗示着设备存在故障或异常工况。压力则反映了系统内部的压力状态,异常的压力波动可能意味着系统存在泄漏或阻塞等问题。振动是对设备运行状态进行监测的重要手段,异常振动可能导致设备损坏或故障。流量则反映了介质在管道内的流动情况,异常流量可能暗示着管道泄漏或流体异常等情况^[8]。

在选择监测算法时,通常需要考虑算法的适用性、精度和实时性。针对不同的监测指标,可以选择不同的算法进行分析和处理。例如,针对温度和压力等连续变量指标,可以采用时序数据分析的方法,如移动

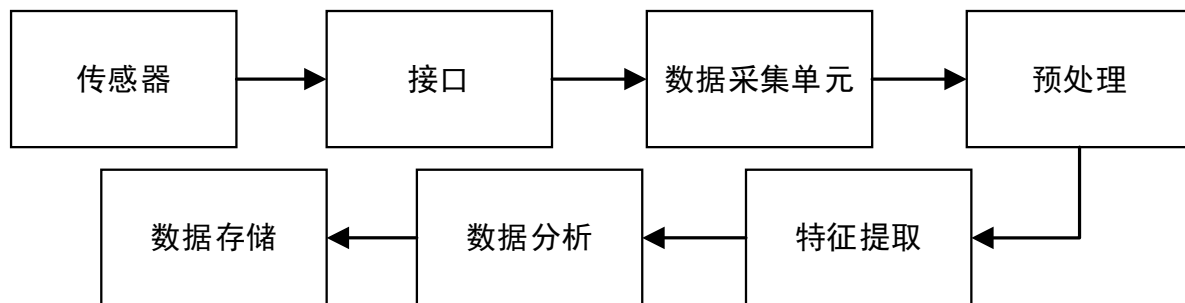


图1 数据采集与处理流程

平均、指数加权移动平均等,来识别异常波动。对于振动信号等离散变量指标,则可以采用频域分析或波形分析的方法,如傅里叶变换、小波变换等,来提取频谱特征并诊断设备状态。还可以结合机器学习算法,如支持向量机(SVM)、人工神经网络(ANN)等,对大量历史数据进行训练,建立设备运行状态的模型,并实现对未来状态的预测和诊断^[9]。

3.2 监测数据分析与诊断

在油气储运领域,通过对智能传感器收集的数据进行全面分析,可以深入理解设备的运行状况和预测潜在风险。分析过程涵盖时序特性、频域特性和空间特性等多个维度,运用统计学方法、信号处理技术和机器学习算法等先进技术。例如,在一个大型油气储运设施中,智能传感器被用来监测储罐的压力和温度等关键参数。

通过时间序列分析,如滑动窗口法和傅里叶变换,运维团队能够捕捉到数据的周期性波动和长期趋势,及时发现异常模式。频域分析帮助识别特定频率的振动,指示着设备疲劳或损坏。空间特性分析则揭示了不同储罐间的相互影响,为系统性问题提供了线索。机器学习算法如支持向量机(SVM)和人工神经网络(ANN)被用于对监测数据进行深入的模式识别和异常检测^[10]。

通过将实时数据与历史数据和预设模型进行比较,运维团队能够准确识别设备的工作状态,包括正常运行、异常预警和潜在故障。这种综合分析方法不仅提高了诊断的准确性,也为预防性维护提供了数据支持。为了进一步提升诊断的可靠性,运维团队结合专家经验和领域知识,不断完善诊断模型。通过与实际工况数据的持续验证和调整,诊断算法得到了优化,提高了监测数据的分析精度。通过可视化界面,诊断结果直观地展示给运维人员,使他们能够迅速响应并采取必要的维护措施,确保油气储运设施的安全稳定运行^[11]。

3.3 效果评估方法与指标

设备健康监测应先明确评估的指标,包括监测覆盖率、准确性、实时性和可靠性等。监测覆盖率指标评估监测系统对设备的全面覆盖程度;准确性指标评估监测系统对设备状态诊断的准确度;实时性指标评估监测系统获取和处理数据的时间延迟;可靠性指标评估监测系统长期运行的稳定性和可靠性。通过对监测结果与实际情况的对比分析,验证监测系统的准确

性和有效性。

可以采用故障检测率、误报率、漏报率等指标评估监测系统的性能。通过定期的维护和管理,持续跟踪监测系统的运行情况,及时发现和解决潜在问题,提高监测系统的效果和可靠性。

4 结语

在油气储运设备中,智能传感器的设计与应用对设备健康监测起到了重要作用。通过传感器实时监测设备的运行状态,采集关键参数数据,并进行数据处理和分析,可以有效预防设备故障,保障生产运营的安全和稳定。随着技术的不断进步和应用的深入,智能传感器将在油气行业中发挥越来越重要的作用,为设备运行管理提供更可靠的支持。

参考文献:

- [1] 姜宜君.国内油气储运系统中存在问题及对策分析[J].当代化工研究,2018,(11):48-49.
- [2] 刘晓艳,杨波,贺联合等.油气储运设备在线监测系统设计[J].粘接,2022,49(04):193-196.
- [3] 陈浩,刘珊,沈博臣.油气储运设施在线监测预警系统设计[J].粘接,2020,43(08):32-36.
- [4] 范勇.油气储运设备的管理与维护措施[J].化工设计通讯,2021,47(11):7-8.
- [5] 张来斌,王金江.工业互联网赋能的油气储运设备智能运维技术[J].油气储运,2022,41(06):625-631.
- [6] 谭亮.油气管道及储运设施安全保障技术发展现状及展望[J].化学工程与装备,2021(07).
- [7] 高志斌,张曲汉,李欣嵘,杨禹,曹冰冰.基于等保2.0的油气管道工业控制系统网络安全防护方式探析[J].中国石油和化工标准与质量,2020(13).
- [8] 王保庆.油气管道工控系统网络安全问题探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2020(08).
- [9] 何利民,梁隆杰,黄天山.石油储运设施衍生的多场景灾害评价技术[J].油气储运,2021(09).
- [10] 赵福迪,柳先辉.信息物理融合系统建模技术研究[J].信息技术,2021(09).
- [11] 刘锐;薛金良;张志群;王永军;杜勇敢.油气管道SCADA系统工控安全策略研究与实现[J].自动化应用,2021(09).

作者简介:

李卫东(1986—),男,汉,四川遂宁人,本科,研究的方向:油气储运生产技术及安全技术管理。